



© Photo : CIMbéton

Projet National VOIES NOUVELLES DU BETON

Pr Yves MALIER, Académie des Technologies

Origine

L'origine de ce Projet National résulte des travaux du Conseil d'Orientation de la Recherche en Génie Civil (Le CORGEC), conseil présidé par Jean CHAPON. Le CORGEC publia, en 1984-85, le Schéma d'Orientation Scientifique et Technique Génie Civil demandé par les ministères en charge de la Recherche et de l'Équipement.

La mise en place de ce Schéma s'effectua dans le cadre du programme de recherche en génie civil conduit conjointement, dès 1985, par les deux ministères.

Le CORGEC réclamait explicitement le lancement :

- d'actions concertées de recherche de base dont ATP et GRECO du CNRS paraissaient les structures porteuses les plus adaptées ;
- d'actions concertées de recherche finalisée et de développement réclamant, pour les conduire, de nouvelles structures appelées, dès l'origine, « PROJETS NATIONAUX » (PN) ; en 25 ans, plus de 30 PN allaient associer laboratoires de recherche et constructeurs ;
- d'actions d'accompagnement et de formation notamment capables de poursuivre la diffusion des résultats au-delà de la vie (forcément courte) des PN, des ATP et des GRECO ; dans le domaine du béton la fondation « Ecole française du béton » fut une de ces actions.

Ainsi, le Projet National « Voies Nouvelles du Béton » (VNB) fut l'un des deux premiers projets nationaux lancés en 1985 par les deux ministères de tutelle.

Roger LACROIX (président) et Yves MALIER (directeur) furent nommés par les deux tutelles pour assurer la mise en place (1985-86) et la conduite du Projet National (1986-91).

LES QUATRE IDEES - FORCE DU PROJET NATIONAL VNB

1 Assurer la meilleure continuité entre recherche de base, recherche finalisée, ouvrages expérimentaux, évolution de la réglementation et développement.

Dans le domaine des VNB, nous pensions notamment que la réalisation d' « ouvrages expérimentaux », validant en situation réelle les résultats des recherches, **constituait un préalable indispensable à toutes les actions de développement et de réglementation.** Ces ouvrages expérimentaux devaient donc faire partie intégrante du PN.

2 Associer au concept de nouveaux matériaux les concepts de nouveau design et de nouveau process.

L'observation de la situation en 1985 montrait un certain paradoxe. En effet, la qualité de l'effort de conception mené depuis plusieurs décennies par les ingénieurs d'études conduisait à un dimensionnement des structures utilisant le béton traditionnel avec un niveau d'optimisation assez remarquable.

La conséquence en était que, durant ces mêmes décennies, **il pouvait donc apparaître de peu d'intérêt de remettre en cause les propriétés traditionnelles du béton.** D'où les très grandes réserves si souvent exprimées à l'égard de recherches que, depuis quelques années, nous étions quelques uns à vouloir développer en direction des bétons plus « performants ». En effet à cette époque, la majorité de la communauté scientifique travaillait plutôt à l'amélioration de la connaissance et de la modélisation des comportements des bétons traditionnels.

En fait, avec Roger LACROIX, notre objectif était d'une autre nature. **Comme nous l'avions exprimé aux Assises Nationales de la Recherche en 1982, beaucoup de progrès scientifiques récents de la chimie, de la physique et de la biologie étaient selon nous transférables au secteur du béton.** Parallèlement à ces progrès, de nouveaux procédés (précontraintes extérieures, ...), de nouvelles armatures (composites, fibres, ...), de nouvelles formes (coques minces, structures triangulées et mixtes, ...), de nouvelles méthodes de production (poussages, composants, pompages, ...) étaient de nature à nous permettre de **repenser la conception des ouvrages en fonction de nouvelles propriétés des matériaux et de l'énorme potentiel d'évolution des méthodes de fabrication qui allaient en résulter.**

3 Privilégier la notion de hautes performances sur celle de haute résistance.

Il s'agissait de montrer que, pour nombre de « voies nouvelles du béton » et à côté de la résistance, d'autres propriétés constructives pouvaient, si elles étaient significativement améliorées, **conduire à des gains considérables de productivité, de temps de mise en œuvre, de quantité de matériau consommé, de qualité de surface et encore, bien sûr, de sécurité.**

Il en était ainsi de l'imperméabilité aux liquides et aux gaz, de la ductilité, de la résistance au jeune âge, du fluage, de la légèreté, de la résistance à l'abrasion et aux chocs, de la résistance au gel, de la rhéologie à l'état frais, de l'aptitude à la projection et au démoulage en coulée continue, etc. ...

4 Développer les notions de durabilité et d'approche globale de la construction.

Depuis des décennies, la totale et regrettable indépendance, chez la plupart des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre, entre l'investissement (le coût de la construction) et le fonctionnement (le coût de son entretien) ne nous aidait guère à convaincre, en 1985.



Pont sur le Gardon © ASCO-TP/Daniel Vandros

L'approche globale « **conception – construction – maintenance – déconstruction – réadaptation à de nouvelles fonctions – recyclage** » que j'avais développé en début de ma thèse de doctorat es sciences 12 ans plus tôt attirait toujours autant de scepticisme... Il est vrai que le développement durable n'était guère à la mode dans la décennie 80 !

Il est vrai aussi que, en 1985, la notion de durabilité réclamait, pour être prise en compte dans la programmation des ouvrages, beaucoup de recherche afin de **rendre cette propriété mesurable**, seul moyen de la traduire par des paramètres objectifs dans les futurs cahiers des charges.

LES CONDITIONS NECESSAIRES AU FONCTIONNEMENT DU PROJET NATIONAL

Ces conditions ont conduit à la rédaction d'une **charte entre tous les partenaires du PN**, charte qui fut ensuite reprise et/ou adaptée à beaucoup d'autres Projets Nationaux.

Citons quelques unes de ces conditions :

1 L'adhésion de maîtres d'ouvrage (publics et privés)

Cette adhésion est **un préalable absolu à la réalisation de chantiers expérimentaux innovants** et à l'acceptation des contraintes spécifiques à de telles opérations (études particulières, instrumentation in situ, suivis ultérieurs, ...). Cette adhésion comportait aussi l'acceptation de recherches complémentaires, sur budget du PN, hors des besoins immédiats du maître d'ouvrage concerné alors qu'il nous paraissait opportun d'« utiliser » son ouvrage comme sujet d'expérimentation ou de validation.

Programme réalisé

LES THEMES RETENUS ET LEUR ORGANISATION

D'une façon un peu académique, nous avons, à l'origine en 1985, organisé les thèmes à partir d'une **représentation matricielle** dans laquelle :

- **les colonnes représentaient les ouvrages expérimentaux** : ouvrages d'art, ouvrages offshore, produits minces de bâtiment, construction par composants, ouvrages d'assainissement, ouvrages militaires soumis à chocs, etc. ...
- **les lignes représentaient les recherches finalisées** nécessaires à ces expérimentations. Ces recherches étaient conduites par les partenaires du PN notamment les laboratoires de recherche. En tant que de besoin, il pouvait être associé ponctuellement d'autres laboratoires français ou étrangers travaillant sur les mêmes thèmes (s'agissant de ces derniers, il en fut ainsi des laboratoires des **universités de Sherbrooke et de Québec, de l'EPF de Lausanne regroupées avec l'ENS Cachan et l'ENPC dans une école doctorale internationale à partir de 1989**).

Au fur et à mesure du fonctionnement, cette matrice a évolué au mieux des demandes des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des entreprises.

La Direction des Routes et Electricité de France furent les premiers maîtres d'ouvrage à s'engager : une culée de l'A 86 puis le pont de Joigny (**premier pont au monde en BHP à précontrainte extérieure**) et les études préalables à la construction de la Centrale Nucléaire de Civaux (**première centrale nucléaire en BHP au monde**) furent les premières opérations conduites. Elles le furent de l'étude à l'expérimentation **grâce à l'excellence de la collaboration avec les maîtres d'ouvrage et**

2 La participation effective d'entreprises, d'industriels des matériaux et de laboratoires de recherche et la mise en commun des résultats

Dans le respect des règles de confidentialité élaborées dans la charte, les résultats de recherche étaient accessibles aux partenaires, en moyenne un an avant leur éventuelle publication.

3 L'acceptation des thèmes d'étude, des programmes et des répartitions de financement du PN à la majorité absolue des votes exprimés (hors abstention)

Le veto était donc possible mais l'expérience m'a montré que, en six ans de fonctionnement d'un PN qui comptait une trentaine de partenaires de toutes tailles et de toutes natures, il ne fut exprimé qu'une seule fois (et sur un sujet très particulier).

maîtres d'œuvre de ces trois opérations très exceptionnelles par leur innovation.

D'autres actions, de toutes tailles, ont poursuivi le même objectif et, sans être exhaustif, on peut citer :

- **des structures précontraintes par pré-tension** (avec PPB – SARET),
- **un amphithéâtre universitaire** (avec l'Ecole des Mines d'Alès),
- **une piste d'aéroport** (avec Aéroport de Paris),
- **des tunnels** (avec la SNCF et Eurotunnel),
- **des renforcements de réseaux d'assainissement** (avec la Ville de Paris),
- **des travaux en sous-œuvre sous IGH** (rehausse du minaret de la Mosquée de Casablanca, par l'entreprise Bouygues),
- **des travaux en conditions extrêmes** (Offshore, CNES Guyane, Station Terre Adélie),
- **d'autres types de ponts notamment mixtes** (avec Scetauroute).



Plate-forme Offshore © ENPC

La plupart de ces ouvrages expérimentaux sont présentés dans la troisième partie des livres « **Les Bétons à Hautes Performances** » Presses de l'ENPC – 2^e édition – 1992 (633 p.) et « **High Performance Concrete** » E.FN Spoon London and Chapman and Hall New-York – 1992 (542 p.).

Organisation

La Direction du Projet

Président du CA	:	Roger LACROIX
Directeur du PN	:	Yves MALIER
Comité Scientifique et Technique	:	Lucien PLISKIN

Les partenaires

- Laboratoires de recherche :

CEBTP - CEMETE-EDF - CERIB - CSTB - ENS Cachan (CNRS) - INSA Lyon (CNRS) - INSA Toulouse (CNRS), - LCPC et LRPC - Mines d'Alès.

- Maîtres d'ouvrage :

Ministère de l'Équipement - Ville de Paris - Electricité de France - Aéroport de Paris - Mosquée Hassan II Casablanca - Eurotunnel - SNCF - CNES.

- Entreprises de construction :

Bouygues - GTM - Campenon-Bernard - Bouygues Offshore - Freyssinet - PPB-SARET - SOGEA - SPIE Batignolles.

- Industriels des matériaux :

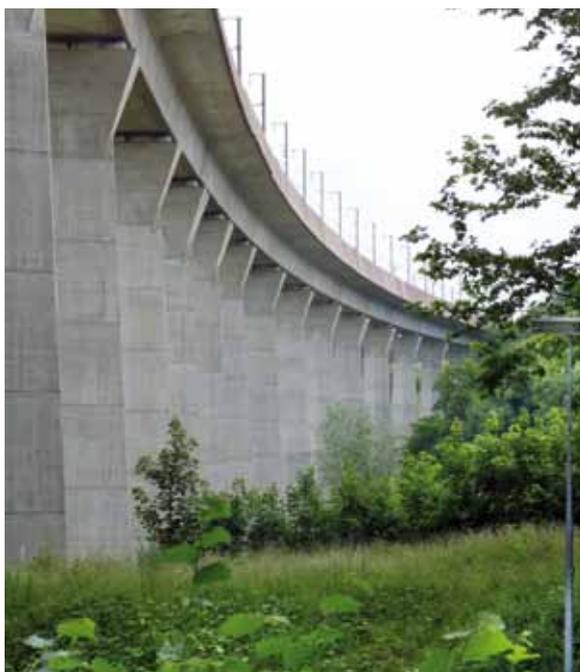
Ciments français - ELF Aquitaine - Lafarge Coppée - Saint-Gobain.

- Industriels des composants :

Bonna - Matière - PPB Saret.

- Organismes professionnels et associations scientifiques :

FNTP - SNBATI (devenu EGF BTP) - AFPC - AFREM - ATILH.



Viaduc TGV Est- ©ASCO TP

Publications

Le rapport de clôture adressé en 1992 aux Ministères en charge de la Recherche et de l'Équipement faisait état :

- **d'un livre en français** diffusé à plus de 10 000 exemplaires et cité plus haut,
- **d'un livre en anglais** édité à Londres et à New-York et largement diffusé dans le monde entier (et notamment en Chine où se construisirent alors les premiers ouvrages en BHP),
- **de 26 thèses** réalisées dans les 8 laboratoires français et dans les 3 laboratoires étrangers associés,
- **d'environ 250 publications** et communications internationales,
- **de 10 séminaires** de diffusion des résultats vers les entreprises, les enseignants, les maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et les architectes,
- **d'avancées réglementaires importantes** pour la conception des ouvrages (adaptation du BAEL, BPEL et introduction des BHP dans l'ébauche des Eurocodes).

Durée-Budget

Le projet, monté en 1984, a débuté en 1985. Prévu pour une durée initiale de 4 ans, il a été prolongé de 2 ans jusqu'en 1991.

Le budget annuel moyen a fait apparaître :

- **pour un montant de l'ordre de 1,7 millions d'euros**, la somme des parts apportées en finance ou en nature par chaque partenaire, dans le cadre de la réalisation du programme et dont les résultats scientifiques sont mis au « pot commun » ;
- **pour un montant de l'ordre de 225 000 euros**, la part résultant des dotations de l'État. Cette part était stratégique pour le PN. Véritable catalyseur, elle donnait à Roger LACROIX et à moi-même le "crédit incitatif" qui, à côté du programme scientifique, entraînait l'adhésion des partenaires.

La poursuite des travaux scientifiques dans le champ des bétons après le PN VNB

■ Alors que, au début des années 1980, les recherches relatives au béton apparaissaient en fin de cycle et n'étaient plus prioritaires pour la communauté scientifique du secteur et des secteurs connexes, le PN VNB, en s'ouvrant à de nouveaux objectifs, a permis de contribuer à relancer les recherches dans ce domaine.

■ Les relations étroites développées avec des secteurs scientifiques dynamiques (physique, chimie, biologie, ...) ont conduit à des **sauts technologiques majeurs dans le domaine du béton**. En 1990, l'American Concrete Institute normalisait au plan mondial le terme « **High Performance Concrete** » après l'avoir longtemps qualifié, parfois de façon péjorative, de « **French Approach** » !!

■ L'intérêt soudain apporté par des scientifiques réputés tels Pierre-Gilles de GENNES, Paul GERMAIN, Serge FENEUILLE, Etienne GUYON, Jacques VILLERMAUX et tant d'autres ont permis, notamment sur les thèmes développés par le PN VNB, **d'attirer et de fixer dans nos laboratoires toute une nouvelle génération de jeunes doctorants brillants** dont on constate aujourd'hui, vingt ans après, que beaucoup sont devenus :

- des responsables scientifiques importants de ces laboratoires (à titre d'exemple François de LARRARD au LCPC),

- des directeurs de R&D de plusieurs de nos grands groupes (parfois leaders mondiaux), tel Pascal CASANOVA, directeur R&D de Lafarge,
- des responsables des chaires de construction dans des universités nord américaines ou européennes prestigieuses, tel Frantz ULM au M.I.T,
- des responsables de PME parmi les plus innovantes du secteur, tel Pierre LAPLANTE, DG Rector Lesage.

Parmi nos conclusions du PN VNB en 1992, nous recommandions aux deux ministères de tutelle la mise en place de trois PN dans le domaine des bétons :

- un PN relatif aux **Bétons à Hautes Performances** pour poursuivre la validation des recherches relatives à la mesure de la durabilité ;
- un PN relatif aux **Bétons renforcés de fibres** pour prolonger les recherches visant l'obtention de très hautes performances ;
- un PN relatif à la **qualité de la mise en œuvre** afin d'approfondir l'optimisation de nouveaux process adaptés à ces nouveaux matériaux.

Ces trois Projets Nationaux (BHP 2000 – BEFIM – CALIBE), à leur tour, ont été conduits à leur terme avec de nombreuses retombées positives.



Pont de l'Île de Ré - ©ASCO TP